農藥施噴品質判定之方法與技術

原作者：R. D. Fox, R. C. Derksen, H. Erdal Ozkan, and R. D. Brazee

譯稿人：嘉義技術學院農業機械工程技術系林正亮副教授

摘要

農藥施噴用於控制作物蟲害的功效與農藥配方、濃度和沉積附著(deposit)在葉面的型態有關，在葉面上的施噴型態是在使用農藥上，能達到最佳效率的關鍵。目前應用的理想目標是能均勻的施噴在作物的株叢內，然而有些蟲害是集中在株叢的特定區域，譬如底部中央、上部中央或葉片底面，對於這些狀況，農藥施噴在蟲害群居區域和不均勻的型態是較佳的施噴方式。在較小規模施噴下，沉積附著在個別葉片或果實上的型態可能很重要，此論文將討論沉積附著型態評估的一些技術，而最好的沉積附著型態決定於蟲害的種類和使用的農藥。

一、前言

在大規模作業下，採用精耕以蟲害防治整合原則，應用於農藥施噴更加精確上而能降低農藥的使用，精耕是在需要農藥施噴時，施藥者能控制施藥量和其他施噴的變數。當霧滴大小與最佳附著覆蓋(coverage)已知，進而將其整合在田間操作的農藥施噴控制邏輯中，農藥施噴的效率可以進一步改善。農藥施噴用於控制作物蟲害和病害的功效與農藥配方、濃度和附著在目標物的型態有關，有效的成分應該用在最有效的霧滴尺寸和以最佳霧滴間距均勻分布在葉面上，施噴區內大的霧滴間距可能無法有效的控制病蟲害，當農藥無法殺死所有蟲害時，可能導致存活的蟲害具有抗藥性。

為克服沒有效率的附著覆蓋，經常會施噴過量的農藥，使用過多農藥除了花費增加外，亦會污染環境並且有害的殘留物也會遺留在可食用的蔬果上，譬如棉花樹有較佳的附著覆蓋，能減少農藥的使用和使用毒性較低的藥物就能控制病蟲害。

二、最佳農藥施噴附著型態的影響因素

假如目標葉面的施噴型態能精確的定義清楚，則可以很顯著的改善施噴效

用。但是影響施噴的最佳沉積附著型態有很多因子，因此對於特定狀況的最佳沉積附著可能並不適合另一種作物或蟲害。現階段所有農藥施噴作業的目標是對於作物的整個株叢產生相同的附著量和型態，但此目標從未達成。有時調整霧滴尺寸能夠較有效控制特定蟲害，但是以目前的技術和施噴習性，並沒有注意葉面底部附著覆蓋和株叢特定部分的蟲害。至於對於每一種作物或蟲害的最佳霧滴尺寸是多少呢？許多研究已經得到較小的霧滴其效用較大。另一些問題如適當的施噴時間能減低多少蟲害控制所需的用藥量？我們是否能精確指出噴藥的最佳施噴時間？均勻的沉積附著型態對於所有蟲害都是最好嗎？

控制移居蟲害在遷移的初期、在中途攔截遷移蟲害或在蟲害生長循環中最易受影響階段控制蟲害，和利用蟲害的活動幫助農藥散佈到最佳目標點等方法可能是最有效的方式。在最有效的施噴型態上，對於目標蟲害特徵的定義包含：在株叢的活動點、取食習性、移動型態、生命循環、產卵點和型態與所有生長階段的特徵。

農藥的作用點和型態，對於制定沉積附著型態和施噴目標物，是一個重要因素，一些蟲害控制介質很有效是因為可以驅逐蟲害，同樣的，一些施噴物質有刺激性而造成蟲害改變其習性，有毒農藥可能有很多反應方式，蟲害可能因為與施噴物質接觸或在其發生反應前攝取而受影響。

三、量測方法

前言

對於大部分應用上，收集器內的施噴附著有很大變異，縱使相同的收集器在重複試驗時亦同。即使執行大量的試驗，在各種處理上也很難得到統計上的顯著差異，因此最近很多分析方法已經被發展出可以改善量測速度，所以較多的樣本數量可以被收集。

收集器

最好的施噴收集器可能是實際的葉片，然而使用葉片會有影像分析的困難，因為葉片不平整而且有葉脈、葉脊和波狀，當影像被擷取時，很難得到均勻的對焦，任何焦距不準部分的影像將使得量測的霧滴尺寸有問題，另外葉片不方便儲存所以必須迅速處理，葉片具有不同的尺寸所以需要額外的目標面積量測，因為這些理由所以人工材料經常被用來做為農藥施噴的霧滴收集器。

做為收集器的其他材料包含：塑膠片、濾紙、金屬片、布線、和玻璃片等，不是作物葉片或其他部位的收集器通稱為人工收集器，但收集器在使用前應考

慮其特性。玻璃片和塑膠帶如太接近於噴霧器或高施噴量時，可能會有施噴流失的問題，此外需要以收集器測試有多少乾追蹤劑會被清洗掉，有些材料如棉線會吸收螢光追蹤劑而只有施噴量的 50%會被清洗掉，一些纖維材料在清洗時會流失，尤其是以酒精為溶劑時。

追蹤劑

追蹤劑包含農藥、螢光材料、鹽基、金屬混合物、食用色素和其他染料等，實際的農藥成分可能是最好的追蹤劑，但是可能造成執行試驗人員暴露於農藥中過量。農藥成分分析經常需要氣相層析儀或其他昂貴方法，基於這些理由其他追蹤劑被用來模擬農藥的施噴型態。

像葉肥的鹽基施噴已被用做追蹤劑，其可使用不貴的導度計檢測並且可溶於水，一般其檢測遲滯並不像其他追蹤劑般的低而且有許多污染源。金屬混合物已被成功的應用，銅鹽能用像色差計之類的儀器量測，但是其遲滯靈敏度不似其他追蹤劑低。而其他金屬需要像原子吸收光譜儀的儀器來檢測，但通常不會受到污染。

螢光劑已被廣泛的應用，但在使用前必須先考慮一些問題，一個理想的螢光追蹤劑應要可溶於水，乾固時能發螢光而且在陽光下不會衰減，但還沒有任何追蹤劑符合這些條件，許多螢光材料當暴露在紫外線下都會衰減，所以在陽光下執行試驗會導致樣本的衰減，而且衰減率和霧滴大小有關，螢光材料是粒徑 0.1-1mm 的粉體，其在霧滴中的分布情形是一個問題，目前有各種不同顏色的螢光材料可供使用，因此相容的追蹤劑可混合一起而不影響量測值。

其他因子

霧滴的混合成分必須被考量，大部分有效的化學物包含像溶劑和介面活化劑(surfactant)的輔助劑，用於穩定生成物和使其易於混合於水中。無效用的農藥或一般介面活化劑應加入追蹤劑以模擬實際農藥成分，乾燥的螢光追蹤劑混入水中被發現會使農藥施噴有不同的 50%體積下的霧滴直徑(Dv0.5)，加入介面活化劑於噴藥中也會改變霧滴散布在葉面的量，這些在對乾燥霧滴的影像分析時這是一個因素。施噴試驗的另一個考量因素就是用於混合器中水源的品質，水中含有的礦物質可能影響追蹤劑的溶解度，水的 pH 值也可能影響追蹤劑或其他化學物質的混合效果。

儀器的靈敏度在決定一個追蹤系統是否適用於一特定試驗將很重要，當量測的沉積附著非常接近於噴霧器時，量測少量的追蹤劑將不像飄移試驗時量測幾百公尺遠的追蹤劑或很小收集器上的追蹤劑般重要。上述所列儀器由最不靈

敏到最靈敏的順序依序為：導度計、色度計、AAS、氣相層析儀、螢光度計，其中氣相層析儀和螢光度計能量測到附著量在數十億分之一的精度。

清洗和分析

量測沉積附著量的標準方法為清洗霧滴收集器，並對清洗溶液中的追蹤劑做分析，量測的結果為每單位面積上的霧滴附著量，其值可輕易的轉換成施噴應用的百分比。此方法的缺點是不同的沉積附著型態會有相同的附著量，譬如一個大霧滴和上千個小霧滴有相同的結果，除了附著型態的量測之外，評估全部附著量和施噴的全部使用量，這還是一個很好的技術。

人工量測

另一個傳統量測附著量的方法是以人工觀測，人工技術可對照一組標準型態而將施噴型態分類，並在一個樣本面積上計算霧滴數目和用顯微鏡量測霧滴尺寸。以顯微鏡量測是繁雜且費時的，因此量測樣本通常有所限制，但是其結果非常精確，因為人工觀測能分辨施噴型態的一些問題，譬如霧滴重疊、背景強度、不規則形狀，這些問題對機器視覺系統可能都是問題。

電腦輔助量測

目前有很多的電腦視覺分析系統可供使用，大部分都附有軟體用於計算量測點的特性，量測點包含單位面積的霧滴數、附著覆蓋面積和霧滴大小分布。軟體可計算霧滴等效圓球直徑、點的長寬和估算重疊等等，很多編輯和影像加強程式都建立在軟體中，軟體並有巨集的功能可將一串分析步驟結合成一個指令，因此大量目標物的影像分析可以非常快速的處理。

一 epi 螢光顯微鏡(epi-fluorescent microscope)能用於探討施噴沉積附著型態，此儀器使用低功率鏡片、強紫外光源和可交換濾片，以捕捉乾霧滴中螢光劑的影像，標準影像處理軟體適用於量測畫面中霧滴尺寸和覆蓋率，捕捉影像的畫面每邊長約 5-10mm，因此需要量測很多影像才能夠得到大量的霧滴樣本。然而改進解析度能捕捉比沒有顯微鏡系統更小的霧滴，此外當應用在葉片時，將較容易在一小影像面積內保持均勻的對焦。

影像分析的問題

影像分析有些問題在分析施噴霧滴型態之前就必須先行解決，影像擷取系

統通常會在霧滴和背景間產生一灰色地帶，因此當影像轉換為二元化形式時，霧滴大小會依據分辨白色和黑色分界線的灰色值而改變。另一問題是，收集器的背景可能在整個影像面積內並非均勻，這通常在使用葉片收集霧滴時會發生，不良的打光也會造成背景的變異。有些軟體能夠量測影像區內所有點的霧滴和背景之差異，並將此差異修正為相同。施噴量很大時，會產生很多霧滴，覆蓋面太大時，霧滴將可能重疊，如此要精確量測出霧滴大小將不太可能。一些軟體程式可以修正霧滴的重疊，但再使用時必須小心。最小霧滴的量測值是在影像處理時必須做選擇，霧滴愈小則易消失，亦即霧滴內的追蹤劑少到無法和背景區分。假如選擇較高解析度，能夠量測較小的霧滴，但量測相同霧滴數會增加影像分析的數量。在二元化顯示小霧滴通常需要將灰色分界線設定接近於背景，如此可能使背景被誤認為霧滴而導致霧滴計數的誤差。

影像分析的最高原則是擷取高品質的影像，不論多好的影像處理程式，都不可能從不良的影像得到好的數據，花時間在擷取高品質的影像比修補不良影像會有較佳的效用。

四、討論與結論

在作物蟲害防治上，施噴沉積附著型態是非常重要，尤其在減少農藥使用量上更是如此，少量農藥的有效使用是需要對特定蟲害在株叢棲息地上有最多的施噴。在含有蟲害的株叢特定部分的施噴沉積附著型態，對更進一步減少農藥需求量是一個關鍵，使用生物控制物質在蟲害防治介質的附著上或許需要更精確。

影像分析對施噴沉積附著分析的應用，可以強化科學家在量測和定義施噴型態的能力，在確定沉積附著型態上，這是最有效的第一步驟，對不同的蟲害、農藥和作物，最佳的施噴型態似乎不同，然而我們希望對於有相似取食與棲息地特徵的蟲害，和相似反應的農藥，其較佳施噴型態類似。同時我們必須設計噴霧器對不同的作物和農藥實行施噴，具有不同覆蓋形狀樹枝的強度與彈性等，將需要對噴霧器和噴灑點做修正，以便有最好的施噴附著效率。